Andere Autoren (NAEF 1923, SCHMIDT 1924) haben diesen Begriff beibehalten. SCHMIDT (1924) erwähnt, dass die Ansatzstellen der “Pfeiler” auf den Septen mäandrisch verlaufen. Neuere Untersuchungen von DENTON und seiner Schule (1961) befassen sich vor allem mit den physiologischen Aspekten dieses hydrostatischen Organs, wobei gezeigt wird, dass das spezifische Gewicht des Schulps durch Regulation des Flüssigkeits- resp. Gasgehalts der Kammern verändert werden kann. Sang CHOE (1963) stellt bei *Sepia esculenta* und *Sepia subaculeata* fest, dass unter optimalen Lebensbedingungen pro Tag eine neue Kammerschicht gebildet wird.

Die vorliegende Arbeit befasst sich vor allem mit dem Feinbau der von frühern Autoren als “Pfeiler” benannten Stützstrukturen der Schulp-Kammern.

b) METHODEN [1]

Als verkalkter Hohlkörper stellt der Schulp in präparationstechnischer Hinsicht einige Probleme, denn er kann wegen seinen feinen Strukturen nicht mit der üblichen petrographischen Dünnschlifftechnik bearbeitet werden. Für Dünnschliffe musste der Schulp zuerst mit schleiffähigem Kunstharz imprägniert werden, das nach der Beendigung des Schleifprozesses wieder entfernt werden musste. Für Serienschnitte kam eine modifizierte Paraffineinbettungsmethode zur Anwendung. Mit Hilfe von Klebebändern (Scotch-tape) gelang es, einzelne Septen von den Stützstrukturen abzulösen. Messungen wurden z. T. direkt mit Hilfe eines Okularmikrometers, z. T. planimetrisch auf Mikroprojektionsbildern durchgeführt.

c) UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

Für lichtmikroskopische Untersuchungen wurden vom Wulstteil des Schulps in Quer- und Sagitalrichtung sowie tangential zu den konzentrischen Kammerschichten Dünnschliffe und Paraffin-Serienschnitte (25 μ) hergestellt. Auf dem schwach vergrösserten Querschliff (Tafel I, a) ist zu erkennen, dass die Kammerhöhe in dorso-ventraler Richtung kontinuierlich abnimmt; beim vorliegenden Untersuchungsobjekt von 415 auf 83 μ. Ferner ist die relativ gute räumliche Übereinstimmung der Stützelemente benachbarter Kammern deutlich zu erkennen. Bei stärkerer Vergrösserung (Tafel I, b) wird bereits deutlich, dass es sich bei den Stützelementen nicht um massive ”Pfeiler“, sondern um dünne Wände handelt, die selber eine Feinstruktur aufweisen. Vom dorsalen Septum ausgehend verbreitern sich die Wände zusehends, um auf dem ventralen Septum ihre grösste Breite zu erreichen. Bei der Betrachtung dicker Flachschliffe (60 μ)

---

[1] Eine ausführliche Beschreibung der Präparationsmethoden wird an einer andern Stelle veröffentlicht (“Mikrokosmos”, Ztschr. für angew. Mikroskopie, Mikrobiologie, Mikrochemie u. mikroskop. Technik [im Druck, 56. Jg., 1967], Franckh’sche Verlagshandlung, Stuttgart).

(Tafel I, c), die infolge der leichten Wölbung des Schulps mehrere Kammern tangieren, erscheinen die Stützelemente als mäandrische, verzweigte Bänder, die nicht in sich geschlossen sind und eine durchschnittliche Dicke von 4,9 μ haben. Auf dieser Abbildung sind die Septen als mehr oder weniger breite Streifen zu erkennen. Dünnere Flachschliffe (30 μ) zeigen weitere Einzelheiten was den Grad der Bänder-Mäanderung anbetrifft. Auf der einen Seite des Septums ist diese eng, auf der andern weit (Tafel I, d). Dies bedeutet, dass die Bänder im dorsalen Teil der Kammern schwach, im ventralen Teil stark gewunden sind. Fig. 2 stellt den zunehmenden Mäanderungsgrad und die sich damit ändernden Streckenverhältnisse in der Senkrechtprojektion aus dorsaler Sicht dar. Messungen

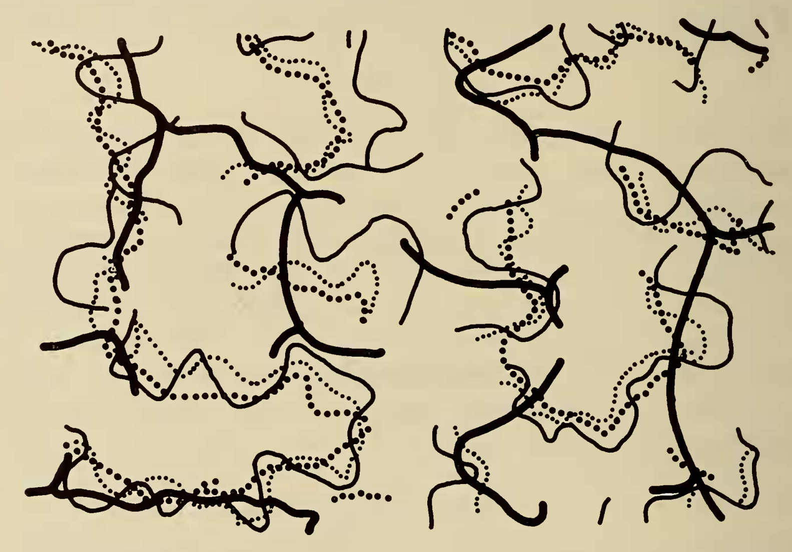


Fig. 2.

Zunehmender Mäanderungsgrad und ändernde Streckenverhältnisse der Bänder eines Kammerausschnittes in Senkrechtprojektion aus dorsaler Sicht. Dick ausgezogen Schicht 5 μ an dorsalem Septum; dick punktiert Schicht 125μ; dünn punktiert Schicht 275 μ; dünn ausgezogen Schicht 350 μ an ventralem Septum.

Vergrösserung 224 : 1.

zeigen, dass die durch den zunehmenden Mäanderungsgrad bedingte Längenzunahme einem 1 : 2-Verhältnis entspricht. Dies bedeutet, dass die Projektion jedes Bandes auf das ventrale Septum doppelt so lang ist, wie die entsprechende Projektion auf das dorsale Septum. Denkt man sich das zwischen weiter und enger Bändermäanderung liegende Septum weg, zeigt es sich, dass sich der Verlauf der Bänder an zahlreichen Stellen überschneidet (Fig. 3). Gemäss statistischen Untersuchungen ist die Flächenhäufigkeit der Kreuzungs-, resp. Stützpunkte stochastisch (zufällig) mit Poisson-Verteilung. Die effektive, stützende Fläche der Bänder (bezogen auf ein bestimmtes Messfeld) entspricht im dorsalen Teil der Kammer

mit ihrer weiten Mäanderung dem 19., im ventralen Teil, wo die Mäanderung eng ist, dem 8,5. Teil. In einer mittleren Schicht der Kammer erreicht die Bänderlänge 15 mm in einem Feld von 1 mm².

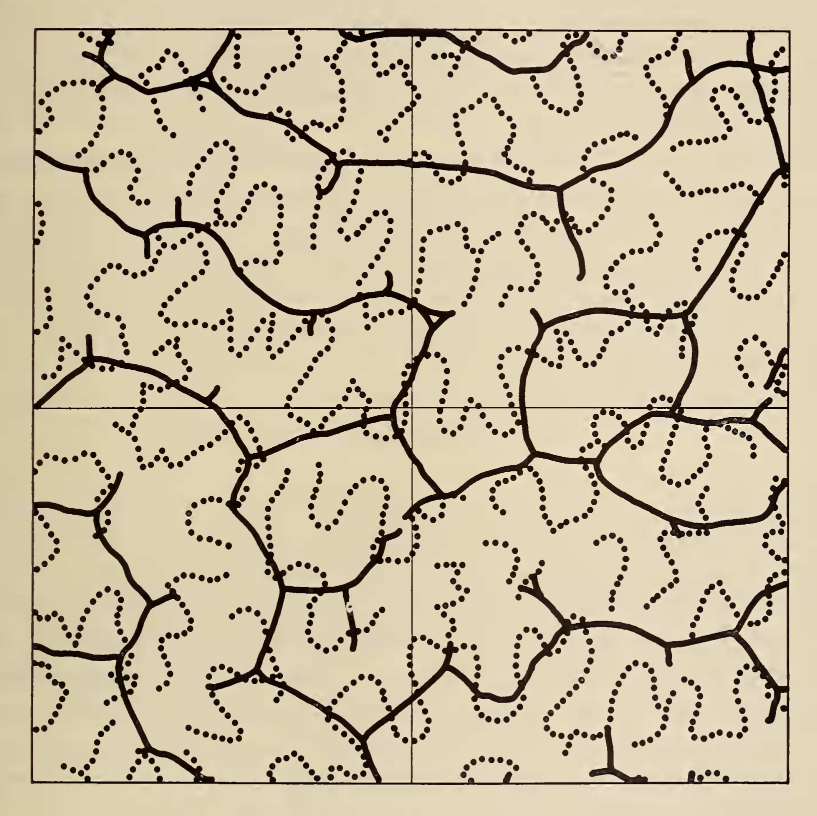


FIG. 3.
Lagegerechte Übereinanderzeichnung von weiter (ausgezogen) und enger (punktiert) Bänder-Mäanderung zur Kreuzungs-, resp. Stützpunktdarstellung. Septum abstrahiert. Vergrösserung 158 : 1.

Die Bänder lassen in ihrem Feinbau eine Periodizität erkennen (Tafel I, b), die SCHMIDT (1924) mit dem Wachstumsprozess in Beziehung setzt. Unsere Auszählungen haben gezeigt, dass die Zahl dieser Schichten innerhalb ein und derselben Kammer konstant ist. Da die Zahl dieser Schichten je Band stets grösser war als 24, nimmt die Bildung einer einzelnen Schicht weniger als eine Stunde in Anspruch, falls die Beobachtungen von SANG CHOE (1963), die aussagen, dass dem Schulp täglich eine neue Kammerschicht angefügt wird, auch für *Sepia officinalis* zutreffen.

Beim Abtragen der Stützstrukturen und befestigen des Klebebandes am ventralen Septum, lässt sich dieses leicht von der engen Mäanderung ablösen

(Tafel I, e), während sich das Septum von den Bändern, wo diese die weite Mäanderung aufweisen, nicht trennt. Der Basalteil der eng mäandernden Bänder weist knötchenartige Gebilde auf. Kontrollen bei starker Vergrösserung am Querschliff zeigen, dass diese knötchenartigen Gebilde in Form von Füsschen (Tafel I, f) auf dem Septum ruhen und mit diesem nur lose verbunden sind. Im dorsalen Teil der Kammer jedoch sind die Bänder starr mit dem dorsal liegenden Septum verwachsen.

Alle die hier besprochenen Strukturelemente sind verkalkt, besitzen aber eine organische, chitinartige Grundstruktur. Unverkalkt sind nur, wie schon von Appelöf (1892) beschrieben, die freigespannten, von Naef (1923) als Interseptal-Lamellen bezeichneten Membranen, welche, wie die Septen horizontal angeordnet, die benachbarten Bänder verbinden. Sie sind viel feiner als diese und teilen den Kammerraum in 6-8 "Stockwerke" auf. Diese Membranen sind polarisationsoptisch isotrop.

d) Diskussion

Die vorliegenden Untersuchungen über den Feinbau des Schulps von *Sepia officinalis* haben gezeigt, dass die Stützelemente, welche die konzentrisch angeordneten Septen der Kammern miteinander verbinden, weder massive noch hohle "Pfeiler", sondern mäandernde Wandungen sind, für deren Bezeichnung wir den Ausdruck „Stütz-Bänder" vorschlagen. Wenn die Beobachtung von Sang Choe (1963) auch für *Sepia officinalis* zutrifft, d. h. wenn sich deren Schulp täglich um eine Kammerschicht vergrössert, muss angenommen werden, dass sich das Muster der kalkbildenden Zellen, die das Material für die Stützbänder ausscheiden, tagesperiodisch verändert, denn der Grad und die Länge der Mäanderung der Bänder nimmt von dorsal nach ventral zu. Aus diesem sich in jeder Kammer wiederholenden Phänomen ergibt sich auf die Septen projeziert eine grosse Zahl von Kreuzungspunkten der Stützbänder benachbarter Kammern, was vom statischen Gesichtspunkt aus bedeutungsvoll ist. Ob die Tatsache, dass die dorsale Kante der Stützbänder mit dem Septum starr verbunden, die ventrale Kante auf dem benachbarten Septum jedoch nur locker abgestützt ist, ebenfalls eine statische Bedeutung hat, kann nicht entschieden werden. Möglicherweise behält der Schulp dadurch eine gewisse Elastizität.

Die Kenntnisse des komplexen Feinbaues des Schulps stellen die Frage nach der Bildungsweise dieser sich periodisch wiederholenden Vertikal- und Horizontalelemente. Wir beabsichtigen deshalb, das für die Bildung der organischen Teile (Membranen) und verkalkten Elemente verantwortliche Epithel auf das Vorhandensein entsprechender Musterbildungen hin zu untersuchen. Ausserdem sollen die Strukturen der Skelette verschiedener Sepienarten untereinander verglichen werden.

e) Zusammenfassung

Es wird gezeigt, dass die Stützelemente im Wulstteil des *Sepia-officinalis*-Schulp nicht “Pfeiler”, sondern verzweigte, nicht in sich geschlossene Bänder sind. Diese haben dorsal und ventral in den Kammerschichten unterschiedliche mäandrische Ausformung und ebenfalls streckenmässig differierende Werte. Für die Realisierung der Stützfunktion im flächenmässig ständig grösser werdenden Schulp sind die Überkreuzungen der weiten und engen Bändermäanderungen von entscheidender Bedeutung. Die Verbindungsunterschiede der Bänder mit den Septen (weite Mäanderung stark, enge Mäanderung schwach) deutet möglicherweise darauf hin, dass der Schulp nicht als absolut starres hydrostatisches System zu betrachten ist, sondern dass er doch eine kleine Elastizität aufweist. Über die Wachstumsschichtungen der Bänder, das Bildungsepithel des Schulps (Wulstteil), die submikroskopischen Strukturen und die Verhältnisse bei andern Sepienarten sollten weitere Untersuchungen angestellt werden.

Résumé

On démontre que les éléments de soutien de la partie bombée (Wulst) du sépion de la Seiche ne sont pas constitués par des colonnes, mais par des bandes ramifiées non fermées. Ces bandes montrent, sur le côté dorsal et ventral des cloisons, diverses formes méandriques et des longueurs différentes. Le croisement superposé des bandes sinueuses longues et étroites sur le côté ventral et dorsal des cloisons est de grande importance pour assurer les fonctions de soutien lors de la croissance de l'os. Les différences dans la manière dont sont fixées ces bandes avec les cloisons (méandres larges et prononcés, méandres étroits peu marqués) indiquent peut être que la partie bombée (Wulst) ne fonctionne pas comme un système hydrostatique absolument rigide, mais qu'elle est quand même dôtée d'une faible élasticité. D'autres investigations devraient être encore entreprises sur la croissance stratifiée des bandes, sur l'épithélium de la partie bombée, sur la structure submicroscopique et sur les modifications éventuelles chez les autres espèces.

Summary

It is shown that the supporting elements in the “ Wulst ” of the cuttlebone of *Sepia officinalis* are not pillars but ramified bands which are not closed in themselves. These bands differ in length and in their meandrous form in dorsal and ventral parts of the chambers. Crossings of wide and narrow meanders of bands

on dorsal and ventral sides of septa are of decisive importance for the accomplishment of the bands' supporting task in the cuttlebone which is steadily increasing in area. The difference in connection of bands with septa (strong where meanders are wide, weak where meanders are narrow) points at the possibility that the cuttlebone is not an absolutely rigid hydrostatic system but that it possesses some elasticity. It would be desirable to further investigate in this and other *Sepia* species growth layers of bands, epithelium of cuttlebone formation ("Wulst" part), and submicroscopic structures.

PS. Es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn Prof. P. Tardent, Zoolog. Institut der Universität Zürich, für seine wertvollen Hinweise und aktive Anteilnahme während den Untersuchungen zu danken, ebenso Herrn Prof. A. Kälin, Math., Universität Genf, für die statistischen Auswertungen.

LITERATURVERZEICHNIS

Appelöf, A. 1892. *Die Schalen von Sepia, Spirula und Nautilus.* Stockholm. Kongl. Sv. Vet. Akad. Handlingar. *25*, Nr. 7, 1-106.

Choe, Sang. 1963. *Daily Age markings of the shell of Cuttlefishes.* London. Nature. *197*, Nr. 19, 306-307.

Denton, E. J., J. B. Gilpin-Brown and J. V. Howarth. 1961. *The osmotic mechanism of the Cuttlebone.* J. mar. Biol. Ass. U.K. *41*, 351-364.

Naef, A. 1923. *Fauna e Flora del Golfo di Napoli. Die Cephalopoden.* Berlin. Verlag R. Friedländer & Sohn.

Schmidt, W. J. 1924. *Die Bausteine des Tierkörpers.* Bonn. Verlag Friedrich Cohen. 179-181.

Tafel I

a) Ausschnitt aus Querschliff des Wulstteils im polarisierten Licht. B, Stützbänder; S, Septen. Vergrösserung 53 : 1.

b) Eine Kammerschicht mit angeschliffenen Stützbändern im polarisierten Licht. Die Bänder lassen schwach die Wachstumsperiodizität erkennen. Vergrösserung 173 : 1.

c) Dicker Flachschliff (60μ) durch Wulstteil. B, Bänder; S, Septen. Vergrösserung 53 : 1.

d) Dünner Flachschliff (30μ) durch Wulstteil. eB, enge Bändermäanderung; wB, weite Bändermäanderung. Vergrösserung 53 : 1.

e) Sicht von Ventralseite in enge Bändermäanderung. K, knötchenartige Gebilde am Basalteil der Bänder. Vergrösserung 173 : 1.

f) Querschliff mit K, knötchenartigem Gebilde (Füsschen) des Ventralteils des Bandes, ruhend auf S, Septum. M, Dorsalteil eines Bandes, starr mit dem Septum verbunden. Vergrösserung 675 : 1.